

## **ENERGIA SOLAR Y PRODUCTIVIDAD BIOMÁSICA – CONVERSIONES ENERGÉTICAS A PARTIR DE LA BIOMASA HÚMEDA DE CALIDAD SECUNDARIA**

**Beatriz Alicia Pérez <sup>1</sup>**

**Universidad Nacional de la Patagonia SJB . Facultad de Ciencias Naturales**

**Tel 0297 154240973 – e-mail: beatriz.ceragioli@comodoro.coop**

**RESUMEN.** El aprovechamiento energético, a partir de la energía solar como fotocatalizadora de las reacciones con el Dióxido de Carbono, constituye un potencial continuo de energía calórica y mecánica. A partir de ellas, se generan energía eléctrica y producción de combustibles.

Al considerar como aprovechable la biomasa secundaria constituida por los residuos urbanos y efluentes sanitarios e industriales, podemos, por procesos anaeróbicos de digestión, obtener Metano y minoritariamente Dióxido de Carbono.

Esta alternativa para obtener energía evita las emisiones de Dióxido de Carbono a la atmósfera que se generan con el tratamiento y disposición aeróbica de los residuos y efluentes. Se contribuye, de esta manera, a la disminución de los niveles de Dióxido de Carbono y también del Metano asociado, como biogases que incrementan el Potencial Global de Calentamiento.

El trabajo plantea ecuaciones de los procesos y cálculos que incluyen las relaciones calóricas y energéticas del biogas para distintas materias primas y cuadros de relación entre las citadas.

**Palabras clave:** energía solar – biomasa - conversiones energéticas – Dióxido de Carbono - Metano – Potencial Global de Calentamiento -

### **INTRODUCCIÓN**

Dentro del amplio campo de las energías, las no convencionales: solar, geotérmica, hidráulica, eólica, química (a partir de la biomasa), se revelan como las de mayor aplicación con recursos renovables y prácticamente inagotables y con gran ventaja al no utilizar combustibles fósiles agotables.

De todas ellas, la solar es una alternativa indiscutible, y de enorme potencial biológico de conversión, ya que es ilimitada, limpia y renovable, a pesar de que en la actualidad no están dadas las pautas tecnológicas de su desarrollo por los elevados costos de los sistemas de transformación y almacenamiento.

Deben considerarse, a efectos de satisfacer las demandas crecientes del mundo industrializado, otras alternativas sustentables a la utilización solar directa, como la energía de los vientos (eólica), la energía almacenada en los embalses de agua y en el mar (hidroeléctrica y mareomotriz), y la de la productividad biomásica, o energía química.

La energía solar y la productividad biomásica (energía química) se enlazan en un flujo energético que permite generar a su vez calor y electricidad, representando un rol importantísimo la identificación de las fuentes de biomasa que se generan en los ecosistemas terrestre y acuático a partir de la radiación solar.

Este flujo de energía no es cíclico, sino unidireccional: va del Sol a la Tierra y tiene como finalidad mantener la vida y contribuir a su evolución para disiparse en último término, como calor. (Vega Píqueres, J. M., Castillo Rodríguez F. y Cárdenas Torres J., 1983), La Bioconversión de la Energía, edición Pirámides, Madrid)

<sup>1</sup> Profesor Adjunto Cátedras Química Ambiental y Tratamiento de Efluentes Cloacales e Industriales

```

graph TD
    A[ENERGIA SOLAR] --> B[ENERGIA DIRECTA]
    A --> C[ENERGIA QUIMICA]
    A --> D[ENERGIA INDIRECTA]
    B --> E[ENERGIA ELECTRICA]
    B --> F[ENERGIA DISIPADA]
    C --> G[ALIMENTOS]
    C --> H[DIFERENTES ENERGIAS]
    D --> I[ENERGIA ELECTRICA]
    D --> F
    E --> F
    G --> F
    H --> F
    I --> F
    F --> J[ENERGIA DISIPADA]
    J --> K[CALOR ENTROPIA]
  
```

El diagrama ilustra el flujo de energía desde la **ENERGIA SOLAR** hasta la **ENERGIA DISIPADA** y finalmente al **CALOR ENTROPIA**. La energía solar se divide en tres categorías: **ENERGIA DIRECTA**, **ENERGIA QUIMICA** (a través de **FOTOSINTESIS**) y **ENERGIA INDIRECTA** (a través de **BIOMASA**). La **ENERGIA DIRECTA** puede convertirse en **ENERGIA ELECTRICA** o **ENERGIA DISIPADA**. La **ENERGIA QUIMICA** se transforma en **ALIMENTOS** o **DIFERENTES ENERGIAS**. La **ENERGIA INDIRECTA** puede convertirse en **ENERGIA ELECTRICA** o **ENERGIA DISIPADA**. Finalmente, todas estas formas de energía convergen en la **ENERGIA DISIPADA**, que se convierte en **CALOR ENTROPIA**.

*Figura 1- Flujo de energía en la biosfera*

**Dióxido de Carbono como integrador en todos los balances energéticos:**

Los ecosistemas terrestre y acuático conforman con la biosfera y atmósfera los convertidores de la energía solar a través de la producción biomásica que es comparable con la de los combustibles fósiles.

El CO<sub>2</sub>. Dióxido de Carbono , se integra como común denominador en casi todas las energías “renovables”: hidráulica, solar, biomásica, geotérmica. ( Carrillo, L., 2004, Energía de la Biomasa, edición del autor, S.S. Jujuy).

Está presente en el aire en una concentración del 0,03% (300 mmol/ml del aire) es la única fuente de Carbono para las plantas, siendo la vegetación una reserva de Carbono de igual importancia que la reserva atmosférica (2000 Gt frente a 700 Gt de la atmósfera). Este nivel de CO<sub>2</sub> se estabiliza por el equilibrio de los intercambios que se producen entre la atmósfera, el océano y las rocas carbonatadas.

El ritmo de intercambio de Carbono entre la atmósfera y el océano, y la atmósfera y la biosfera terrestre, son cada uno del orden de 70 Gt de Carbono al año. Puede aproximarse que el CO<sub>2</sub> permanece en la atmósfera durante unos 7 años, en el océano unos 800 años y en la biosfera terrestre 400 años. (Goudriaan J., 1993. El papel de la vegetación, Mundo Científico 126: 686-692)

Cantidades menores del gas se encuentran en las profundidades de la tierra, en ambientes anóxicos junto al  $H_2$  - Gas Hidrógeno, como precursores del  $CH_4$ , Metano, en ambientes metanógenos y en ambientes metanógenos. (Carrillo L., 2004. Energía de la Biomasa, edición del autor, S.S. Jujuy).

La principal fuente antrópica del  $\text{CO}_2$ , proviene del consumo de combustibles fósiles. Otra fuente importante de  $\text{CO}_2$  se debe a la destrucción de los bosques. Este compuesto es adicionado a la atmósfera, y es removido a su vez por transferencia a los océanos y a la biosfera terrestre. La expresión muestra de manera sencilla el balance de  $\text{CO}_2$  anual antropogénico:

$$I = F - A - O + B \quad (1)$$

Donde, I: variación en el incremento anual de CO<sub>2</sub>.

F: adición de CO<sub>2</sub> desde fuentes antropogénicas asociadas a la combustión.

A: incremento anual de CO<sub>2</sub> atmosférico (considerando asimismo aportes provenientes de la oxidación del metano en la atmósfera).

O: CO<sub>2</sub> almacenado por transferencia desde la atmósfera en el mar.

B: adición neta por deforestación. (deforestación – reforestación)

Utilizando datos de siguiente tabla podemos resolver la ecuación llegando a un total de CO<sub>2</sub> neto de 1,8 +/- 1,3 Gt /año .

Origen	Flujo (1Gt.C./año)
Combustibles fósiles	5,4 +/- 0,5
Atmósfera	3,2 +/- 0,2
Océanos	2,0 +/- 0,6
Neto deforestación	1,6 +/- 1,0

*Tabla 1 . Flujos de CO<sub>2</sub> expresados en Gt (10<sup>9</sup> Tn)*

Estos aportes del CO<sub>2</sub> a la atmósfera, son una de las mayores preocupaciones al considerar los efectos que dicha acumulación en los niveles de la tropósfera, especialmente en los meses de invierno donde decrece la acción fotosintética y predomina el proceso de respiración de las plantas superiores.

Estos aportes, contribuyen al denominado efecto invernadero o a la consideración del CO<sub>2</sub> como gas verde junto al CH<sub>4</sub>, y otros gases de menor importancia, por absorber parte de la radiación o solar reflejada desde la tierra. Controlar las emisiones desde los niveles productivos es una de las acciones que lleva adelante el Panel Internacional del Cambio Climático – IPCC, que recomienda los valores de alerta del Potencial Global de Calentamiento - GWP . (Eby G. Nelson, 2004. Principles of Environmental Geochemistry, edit. Thomson Brooks/Cole)

Una de las formas de contribuir al control de las emisiones de los gases CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> es la conversión de los mismos en formas de energía calórica y mecánica, y derivada de ellas la eléctrica y la producción de combustibles. Los procesos de tratamiento de residuos y efluentes, presentan una solución ambiental que logra el objetivo.

## DESARROLLO

El Dióxido de Carbono cumple dos grandes ciclos de transferencias cíclicas entre la atmósfera y la tierra; y la atmósfera y la hidrosfera, representada mayoritariamente por los océanos. En uno de ellos, se difunde cíclicamente desde la atmósfera a las masas de agua, donde es captado por el fitoplancton, en presencia de la energía solar, para realizar la fotosíntesis y dar inicio así a la cadena de productores primarios, degradadores y consumidores, formando parte de sales carbonatadas que contribuyen a la composición de los sedimentos marinos junto a detritos biológicos y retornando, otra porción a la atmósfera por medio de la respiración del fitoplancton.

En el otro de los ciclos el Dióxido de Carbono es captado por la biomasa representada por las plantas superiores terrestres cumpliendo las funciones de fotosíntesis e integrando la cadena de alimentación y de aportes de restos biomásicos sedimentables para finalmente, por la respiración, eliminar remanentes de Dióxido de Carbono a la atmósfera.

### Utilización de la Biomasa – Energía a partir de la Biomasa

A partir de la biomasa primaria (bosques, selvas, etc), que cubren la alimentación primaria del hombre y secundaria de la industria: papel, fármacos, etc; la secundaria, y terciaria (los residuos que quedan tras la utilización de la primaria por parte de los animales, y de distintos orígenes: agrícola, forestal, industrial o urbana) y teniendo en cuenta su grado de humedad podemos clasificar los distintos procesos de conversión biológica de la misma en: 1- Digestión Anaerobia ( metano), y 2- Fermentación Alcohólica ( etanol

1-Las técnicas más desarrolladas de la digestión anaerobia tienen como materia prima a la biomasa de alto contenido en celulosa: basura, plantas acuáticas, residuos agrícolas, ganaderos e industriales, efluentes cloacales. Pueden obtenerse 56 kJ/g

2-En la fermentación alcohólica intervienen levaduras que convierten directamente los materiales azucarados o amiláceos (glucosa, etc.) en etanol. Pueden obtenerse 16 a 30 kJ/g. (Vega Piqueres, J. M., Castillo Rodríguez F. y Cárdenas Torres J. 1983. La Bioconversión de la Energía, edición Pirámides, Madrid)

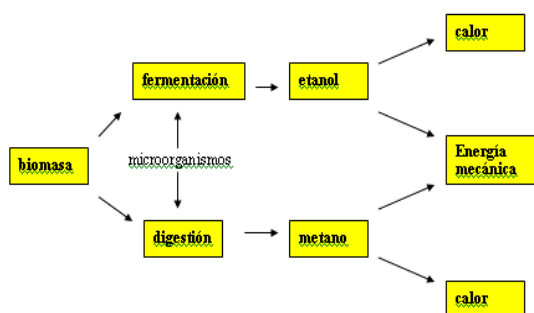


Figura 2. Procesos bioquímicos de conversión de biomasa en combustibles

### Conversiones energéticas - Producción de Metano a partir de la digestión anaerobia:

Los materiales que se pueden usar para la generación de metano son muy diversos:

- residuos de cosechas: caña, malezas, paja, rastrojo de maíz y otros cultivos, forraje deteriorado;
- restos de origen animal: residuos de establos (estiércol, orina, paja de camas), camas de ponedoras, boñigas de cabras y ovejas, desperdicios de matadero (sangre, vísceras), desperdicios de pesca, restos de lana y cuero;

- residuos de origen humano: basura, heces, orina;
- residuos agroindustriales: tortas de oleaginosas, bagazo, salvado de arroz, desechos de tabaco y semillas, desperdicios del procesamiento de hortalizas y frutas, residuos de té;
- mantillo forestal: ramitas, hojas, cortezas, ramas.
- Restos de plantas acuáticas: algas marinas, camalotes.

Un aumento en el interés sobre la contaminación ambiental, hace de la digestión anaerobia el proceso más conveniente para tratar tanto la fracción orgánica de los desechos sólidos (basuras), como los barros de los efluentes cloacales y diversos residuos industriales y de actividades agrícola-ganaderos que son estabilizados por este proceso.

En el Proceso de digestión, la materia orgánica se convierte biológicamente, bajo condiciones anaerobias, en Metano (CH<sub>4</sub>) y Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). El mismo se lleva a cabo en un reactor completamente cerrado. La biomasa se introduce en forma continua o intermitente y permanece en su interior durante períodos de tiempo variables.

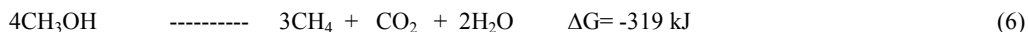
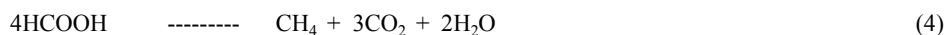
La conversión biológica de la materia orgánica se produce en tres etapas:

1- La transformación por vía enzimática (hidrólisis) de los compuestos de alto peso molecular en compuestos que puedan derivar como fuentes de energía y de carbono.

2- La acidogénesis, es el segundo paso, implica la conversión bacteriana de los compuestos producidos en la primera etapa en compuestos intermedios de menor peso molecular.

3- El tercer paso es la metanogénesis, consiste en la conversión de los compuestos de la segunda etapa en compuestos simples: CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>.

Las bacterias generadoras de metano sólo pueden emplear determinados sustratos para llevar a cabo su función. Hoy en día, se sabe que las sustancias que sirven como sustrato a los organismos metanogénicos son: CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>, formiato, acetato, metanol, metilaminas y monóxido de carbono. Las reacciones típicas de producción de energía ligadas a estos compuestos son las siguientes:



En un digestor anaerobio, las dos vías principales de producción de Metano son: 1) la conversión de H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> y H<sub>2</sub>O y 2) la conversión de acetato en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>.

#### Utilización del gas metano

El gas metano es un gas combustible y por ello, es un producto útil. La importancia radical es seleccionar los sustratos adecuados para que por el proceso de digestión puedan obtenerse cantidades suficientes de metano para emplearlo para la generación de energía eléctrica o proporcionar calefacción para inyectar en red abierta o simplemente recircular para su aprovechamiento en la digestión.

Puede estimarse la cantidad de gas metano que se produce en el proceso anaerobio de la materia orgánica estimándolo a partir de un sustrato simple como lo es la glucosa:



$$\frac{\text{kg CH}_4}{\text{kg DBO}} : \frac{48/180}{192/180} : 0,25 \text{ ----- } 0,25 \text{ kg CH}_4/\text{kg DBO} \quad (9)$$

$$V: 0,25 \text{ kg (1000g/kg) (1 mol/16g) (22,4l/mol) : 350 l de CH}_4; (1 \text{ atm}, 20^\circ\text{C}) \quad (10)$$

#### Aprovechamiento del biogas – Capacidad Calorífica y energética:

Composición del biogas: 70% de CH<sub>4</sub> (aprox.), 30% de CO<sub>2</sub> (aprox.)

Valor Calorífico del biogas:

1m3 de biogas	-----	27.918 kJ
1m3 de gas natural	-----	37.300 kJ
1m3 de CH <sub>4</sub>	-----	35.800 kJ

Valor Energético: 1m<sup>3</sup> biogas ---- 3 kw.h

## Estimación del gas metano producido en el proceso de biodigestión anaeróbica de fangos y residuos

### a) Biodigestión de fangos cloacales:

Calculo de la producción de biogas (Metcalf & Eddy, 1998. Ingeniería de Aguas Residuales, McGraw-Hill, traducción 3ª edición).

interesa conocer:

- Caudal de agua residual tratada
- Volumen de fango que se va a digerir – contenido de humedad
- Cantidad de SVT (Sólidos Volátiles )
- Valor de la DBO<sub>(5)</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno) del agua tratada
- Si se considera únicamente primario o secundario

Cálculos para un Caudal de 38.000 m<sup>3</sup>/d

Valor DBO<sub>(5)</sub>: 0,14 kg/m<sup>3</sup>

Pe. Barro: 1,02 kg/dm<sup>3</sup>

Humedad: 5%

SVT: 164 kg/d (1,42.164 kg/d: 232,5 kg/d)

$$V \text{ fango: } \frac{38000 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 0,14 \text{ kg/m}^3}{1,02 \text{ kg/dcm}^3 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,05} : 11,8 \text{ m}^3/\text{d}. \quad (11)$$

$$V\text{CH}_4: 0,35 \text{ m}^3/\text{kg} (38000 \cdot 0,14 \cdot 0,20) - 232,5 : 1408 \text{ m}^3 \quad (12)$$

$$V_{\text{gas total}}: 1408/0,67 : 2101 \text{ m}^3 \quad (13)$$

### b) Biodigestión de la fracción orgánica de los RSU:

Cálculo de producción de biogas : (Tchobanoglous, Thiesen , Vigil, 1998- Gestión Integral de los Residuos Sólidos McGraw-Hill, traducción 1ª edición).

Interesa conocer:

- kg de sustrato, en este caso kg. de residuo sólido
- Cantidad de sólido orgánico: valores estándar, por ej. 79,5%
- Contenido de humedad: 20%
- Cenizas: 5%
- Sólidos Volátiles: 0,93 ST
- Sólidos Volátiles Biodegradables: 0,70 SVT

Cálculos para una estimación de 1000 kg de residuo

$$1000 \text{ kg} \cdot 0,80 \cdot 0,93 : 744 \text{ kg} \text{ (sólidos con reducción por contenido orgánico y por humedad-)} \quad (14)$$

$$\text{kg.residuos: } 744 \cdot 0,70 \cdot 0,95 : 495 \text{ (sólidos considerando biodeg. y cenizas)} \quad (15)$$

$$\text{Gas producido: } 495 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m}^3/\text{kg SVT dest.: } 247 \text{ m}^3 \quad (16)$$

$$V\text{CH}_4: 173 \text{ m}^3 - \text{ Conversión: } 4450 \text{ kcal/m}^3 \quad (17)$$

### Estimación del gas Metano en los rellenos sanitarios:

La producción de biogas en los rellenos sanitarios, y la composición precisa, depende de la edad del relleno y su exposición al agua. La porción biodegradable de la basura urbana, es descompuesta primero por la actividad microbiana que aprovecha el aire atrapado dentro del relleno. La cubierta del suelo agregada diariamente, provee los microorganismos necesarios para esta fase. Un vez agotado el oxígeno, comienzan los procesos de reducción biológica de nitratos y sulfatos, mientras los microorganismos fermentadores y sintróficos generan ácido acético, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> que serán aprovechados por los metanógenos. Luego, ya agotados los materiales fácilmente degradados, sigue una fase llamada de maduración donde la producción de

biogas es más lenta. La metanogénesis ocurre solamente cuando el contenido de agua de la basura excede el 50%. Los residuos biodegradables que se transforman rápidamente tienen una composición aproximada  $C_{68}H_{111}O_{50}N$ , por lo tanto, el rendimiento de gas en un relleno, puede estimarse a los cuatro años como de 0,076 m<sup>3</sup> biogas/kg de basura enterrada. como resultado de las porciones fácil y lentamente degradable.

El tiempo para que la mitad de la fracción degradable se transforme en biogas es aproximadamente de un año para los restos de alimentos, cinco para los residuos de jardín, y quince para los cartones.

### c) Biodigestión de Residuos Industriales

Las industrias con mayor potencial para provisión de materia prima para la digestión anaeróbica son las cervecerías, destilerías, fábricas de almidón y dulces, y usinas lácteas. Si bien los constituyentes son biodegradables, hay numerosas dificultades en la práctica, principalmente debido a la fluctuación en el tipo y cantidad de desperdicios a tratar, además de la presencia de detergentes y desinfectantes.

La industria azucarera es rural y estacional, al igual que la del procesamiento de frutas y hortalizas. El efluente se deteriora rápidamente generando ácidos, razón por la cual se debe agregar cal en el caso de la industria azucarera.

Efluentes de los frigoríficos contienen grasa, sangre y heces, además de materiales difíciles de degradar como los pelos, y desinfectantes. Requieren tiempos de retención largos.

La industria papelera emplea madera, bagazo u otros restos celulósicos. El tratamiento anaeróbico es afectado por detergentes, sulfuros y pesticidas, mientras que la biodegradabilidad de la lignina es extremadamente baja.

La industria textil y la farmacéutica suelen tratar las aguas residuales aeróbicamente. Anaeróbicamente, pueden sufrir un shock tóxico debido a la presencia de sulfatos, solventes clorados y agentes tensoactivos, o porque los sólidos no son biodegradables.- (Carrillo, L., 2004. Energía de la Biomasa, edición del autor, S.S. Jujuy)

Debe considerarse el rendimiento en biogas de distintas materias primas productoras de Metano, en particular las que tienen un alto contenido de humedad, siendo la combinación de producción de Metano con el tratamiento de residuos un especial atractivo que se dibuja como una necesidad para una sociedad que cuida de su ambiente y se preocupa de su futuro energético. Valores estimados en el laboratorio usando digestores a 30 °C se muestran en la siguiente tabla (Vega Píqueres, J. M., Castillo Rodríguez F. y Cárdenas Torres J., 1983. La Bioconversión de la Energía, edición Pirámides, Madrid)

Materia prima	Gas total (m <sup>3</sup> /kg materia seca)	Metano (m <sup>3</sup> /kg materia seca)
Lodos cloacales	0,43	0,34
RSU	0,57	0,40
Lodos industria láctea	0,98	0,74
Estiércol de establos con paja	0,29	0,22
Pastos	0,50	0,42

Tabla 2 – m<sup>3</sup>/kg de biogas y de metano para distintos sustratos

Al momento de optar por la carga mixta para una digestión y tratándose de residuos de actividades frutihortícolas e industriales varias, pueden aproximarse las cantidades diarias (kg/día) usando factores de emisión por unidad de producción para cada proceso industrial y tanto para residuos del proceso (restos de cáscaras, semillas, mostos, etc.) como para barros de las unidades de tratamiento de los efluentes. (Assessment of Sources of Air, Water, and Land Pollution. World Health Organization, Geneva, 1993)

### CONCLUSIONES.

El aprovechamiento de la biomasa de calidad secundaria con fines energéticos, nos lleva a ponderar:

\*- “El Manejo sustentable de los fangos que se originan en el tratamiento de los efluentes cloacales, con finalidad de reducir volumen, hacerlos asépticos, y finalmente conseguir un producto con poder fertilizante-, o simplemente lograr una reducción muy importante del volumen de fango a disponer. Y a considerar, además, que la producción de Metano puede utilizarse por su contenido calórico para la calefacción del equipo y el remanente para fuente energética.”

\*- “El Manejo sustentable de la fracción orgánica de la basura, con obtención de energía calórica, que en parte mantiene las necesidades de calefacción, y un residuo casi en el orden de cenizas, mínimo a disponer por enterramiento o como fertilizante de bajo poder”.

\*- Comparado con el proceso de digestión anaeróbica para 1000kg de basura enterrada en condiciones sanitarias, obtenemos a los cuatro años un total de 76m<sup>3</sup> de biogas, frente al obtenible por digestión de 247m<sup>3</sup>. A la consideración de los costos de este proceso y a equiparlos a la hora de reducir el envío de Metano a la atmósfera, aún sin tener en cuenta la reutilización por capacidad calorífica, que en ese caso, si bien lleva a la emisión de Dióxido de Carbono, ambientalmente es más conveniente a la hora de evaluar los efectos de ambos gases de efecto invernadero.

\*- En caso de optar por el tratamiento mixto de fangos cloacales, estiércol de animales, residuos agroindustriales, podemos relacionar los kg/día de material biomásico para alimentar un digestor con los porcentajes de SVT y la producción de biogas.

Material	kg/día para prod. de 1m <sup>3</sup> biogas/día	SVT(% ST)
Estiércol de cerdos	13	82,4
Estiércol vacuno	20	80,3
Fango cloacal primario	3,2	72,0
RSU (fracción orgánica biodeg.)	4	70,0

*Tabla 3- Valores de Kg/día de distintos sustratos y su relación con el biogas*

La tabla fue confeccionada en base a los valores de la bibliografía y de los cálculos realizados en el presente trabajo para los fangos cloacales y los RSU. En el caso particular de los fangos cloacales, para llevar a unidades fácilmente comprensibles, se tomó el aporte del fango cloacal primario /hab.día.: 54 g/hab.día y para un caudal de 38.000 m<sup>3</sup>/d y dotación 350 l/hab.día.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

Assessment of Sources of Air, Water, and Land Pollution. World Health Organization, Geneva- (1993)

Carrillo, Leonor (2004), Energía de la Biomasa, edición del autor, S.S. Jujuy.

Eby G. Nelson (2004), Principles of Environmental Geochemistry, edit. Thomson Brooks/Cole

Goudriaan J. (1993) El papel de la vegetación, Mundo Científico 126: 686-692.

Metcalf y Eddy (1998), Ingeniería de Aguas Residuales, McGraw-Hill, traducción 3ª edición).

Tchobanoglous, Thiesen, Vigil, (1998), Gestión Integral de los Residuos Sólidos McGraw-Hill, traducción 1ª edición.

Vega Píqueres, J. M., Castillo Rodríguez F. Cárdenas Torres J. (1983), La Bioconversión de la Energía, edición Pirámides, Madrid

**ABSTRACT:** The exploitation of solar energy as photocatalyst for carbon dioxide reactions constitutes a sustained potential for caloric and mechanical energy, which in turn are used to generate electrical energy and fuel production.

By considering the secondary biomass, made up of urban waste and sewage and industrial effluents, as usable biomass, we are capable of obtaining methane and, to a lesser extent, carbon dioxide by means of anaerobic digestion processes.

This alternative method of obtaining energy prevents carbon dioxide emissions to the atmosphere, which are a consequence of the treatment and aerobic disposal of wastes and effluents.

This new alternative hence favors the reduction of carbon dioxide levels, and the associated methane level, as biogas that increases the potential global warming.

This work covers the processes, equations and calculations which include the biogas caloric and energetic relationships for different raw materials, and charts of the relationships between them.

**Keywords:** solar energy – biomass – energetic conversions – carbon dioxide – methane – potential global warming.